

## СИСТЕМА КРИТЕРІЇВ В ІНДУКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ КОМПЛЕКСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Анотація.* В роботі розглянуто питання застосування системи критеріїв оцінки й вибору оптимальних рішень у проектах системних інформаційно-аналітичних досліджень, які виконуються за сучасними індуктивними технологіями. Сконструйовані критерії в індуктивних технологіях таких досліджень мають властивості зовнішнього доповнення. З метою забезпечення цілісності ансамблю критеріїв у статті запропонований принципово новий критерій балансу інформаційних базисів.

*Ключові слова:* аналітичне дослідження, індуктивне моделювання, критерій, релевантність, корелевантність, інформаційний базис, баланс.

### Вступ

Не варто, напевно, повторювати механістичний погляд на світ мудреців і філософів XVIII століття, коли відбувався бурхливий розвиток механіки й коли була дуже популярною думка, що абсолютно всі результати досліджень в матеріальному і навіть у нематеріальному (у нинішніх термінах – інформаційному) світі можна описати законами механіки. Потім це назвали “механістичним”, дещо спрощеним уявленням про певне явище, процес чи проблему. Звичайно, наївний для нашого часу погляд, але багато великих філософів і видатних учених із сфери точних наук того часу [1] були впевнені саме в такій парадигмі.

Варто, напевно, підтримати ту думку, що в сучасних багатопрофільних проектах системних інформаційно-аналітичних досліджень (СІАД) з численними евристичними й елементами нечислової логіки тощо, не слід намагатися повністю формалізувати процедури й технології їх виконання до рівня строгих у математичному сенсі алгоритмів. Але, з іншого боку, при виконанні СІАД комплексних проблем сучасному менеджеру проекту необхідно розуміти напрямок і спрямовувати дії аналітичних груп до досягнення оптимального результату в найкоротші терміни і з оптимальними затратами. А це, звісно, вимагає максимальної об'єктивізації технологій виконання таких досліджень і, значить, де це доцільно й необхідно – формалізації процедур і формулювання чітких та зрозумілих критеріїв оцінювання

результатів. Саме питанням критеріального забезпечення системно-аналітичних досліджень буде приділена увага в цій роботі.

### **Постановка завдання й мета роботи**

Індуктивні системні інформаційно-аналітичні дослідження мають певні принципи відмінності від традиційних досліджень даного напрямку. Однією з них є та, що початковий інформаційний базис з вирішення посталої проблеми зазвичай є суттєво обмеженим і на питання, яка інформація ще може знадобитися для одержання оптимального рішення, на початку дослідження відповіді немає. Тому в технологіях індуктивних СІАД вирішальну роль відіграють доцільно сформульовані критерії селекції одержуваних проміжних результатів та вибору остаточного рішення, а також критерії, які б спрямовували та зближували інформаційні запити аналітичних груп у напрямку досягнення оптимального інформаційного наповнення майбутнього результату.

Мета роботи полягає в конструюванні інформаційного критерію для вибору цілеспрямованих і збалансованих постачань аналітичних груп ефективними порціями інформації й представленні усіх критеріїв, а саме критерія релевантності, критерія корелевантності та критерія балансу інформаційних базисів у системній єдності в індуктивних технологіях СІАД.

### **Методи досліджень**

У роботі використані основні положення індуктивних системних інформаційно-аналітичних досліджень [2], фундаментальні принципи індуктивного моделювання складних систем [3], [4], елементи нечислової статистики [5], а також теорії експертного оцінювання в проєктах аналітичних досліджень [6], [7]. При застосуванні деяких термінів використано також відповідні розділи функціонального аналізу та теорії регуляризації рішень некоректно поставлених завдань [8].

### **Результати й обговорення**

Поняття загального результату індуктивної технології СІАД. Згідно означення [2], під результатом  $R^*(I_b^*)$  в СІАД слід мати на увазі спеціальний документ  $D\{R^*(I_b^*)\}$ , у якому відображені результати системного аналізу певного процесу чи проблеми, який базується на синтезованому в процесі дослідження оптимальному інформаційному

базисі  $I_b^*$ , відповідає заданим вимогам, має інформаційно-рекомендуючий характер і має певний офіційний статус та категорію доступу. Зауважимо, що  $D\{R^*(I_b^*)\}$  має приблизно той же зміст, що й  $R^*(I_b^*)$  з тією тільки різницею, що  $D\{R^*(I_b^*)\}$  означає готовий оформлений згідно вимог документ, а  $R^*(I_b^*)$  – може носити ще форму певного інформаційного “чорновика” кінцевого документу  $D\{R^*(I_b^*)\}$ .

Спеціальні об’єкти й елементи індуктивних технологій СІАД. На відміну від традиційних технологій аналітичних досліджень, в індуктивних технологіях СІАД, повинні працювати паралельно дві групи аналітиків різних профілів, що є необхідною умовою застосування фундаментальних принципів індуктивного моделювання складних систем до них. Тому в індуктивних технологіях СІАД необхідно було ввести деякі спеціальні принципово нові об’єкти й терміни. Коротко нагадаємо їх, скориставшись роботою [2]. По-перше, це поняття еталонного результату, який відображає толерантності (висновки) членів експертної комісії (ЕК) [5] і формалізовані у вигляді прямокутної матриці  $E = (e_{ij})$ , розмірністю  $n \times m$ ,  $i$ -й рядок якої,  $i = 1, 2, \dots, m$ , відображає один із головних видів вимог (наприклад, розділів) до кінцевого результату дослідження с позицій ЕК, а  $j$ -й стовпчик,  $j = 1, 2, \dots, n$  – можливі градації (наприклад, параграфи в розділах) формалізованих оцінок  $i$ -го елемента. Така матриця повинна відповідати еталонному результату  $R^0(I_b^0)$ .  $W(R_k(I_b^s))$  – формалізована матриця певного часткового результату  $R_k(I_b^s)$ , який відповідає поточному інформаційному базису  $I_b^s$  на  $s$ -му кроці дослідження. Елементи матриць  $E = (e_{ij})$  і  $W(R_k(I_b^s))$  можуть оцінюватися багатьма способами. У [6] для такої процедури запропонований алгоритм із застосуванням медіани Кемені [7]. Далі нам знадобляться такі елементи індуктивних технологій СІАД, як зокрема:  $I_b^1$  – заданий первинний інформаційний базис;  $I_b^+$  – певна цільова “порція” моніторингової інформації, яка повинна доповнювати ансамбль  $I_b^s$  з метою наближення результату  $R_k(I_b^s)$  до еталонного  $R^0(I_b^0)$  з інформаційним базисом  $I_b^0$ , а також матриці  $\Delta_{rel}^2$  і  $\Delta_{corel}^2$ , елементи  $\delta_{ij}^2$  яких дорівнюють квадратам різниць

елементів пар матриць  $W(R_k(I_b^s))$  і  $E(R^0(I_b^0))$  та  $W(R_k(I_b^s))^A$  і  $W(R_k(I_b^s))^B$  відповідно, причому усі перелічені матриці мають розмірності  $n \times m$ .

Критерії індуктивних СІАД із властивостями зовнішнього доповнення. У [2] були запропоновані й розглянуті два системних критерії в індуктивних СІАД, а саме – критерій релевантності й критерій корелевантності. Тут буде введений третій новий критерій, який логічно будемо називати критерієм балансу інформаційних базисів. Принципи дії цих критеріїв такі.

### Критерій релевантності.

В індуктивних системно-аналітичних дослідженнях поняття релевантності має принципові відмінності від загально відомого поняття, яке використовується в інформаційно-пошукових системах. Ця відмінність полягає в тому, що в СІАД необхідно оцінювати не подібність результату аналітичного дослідження запиту, наприклад, за ключовими словами, а відповідність результату СІАД поставленим вимогам. Більше того й що важливіше, релевантність в індуктивних СІАД – це певна міра адекватності результату системного аналізу виниклої проблеми або ступінь відповідності реальності результатів аналізу явища, проблеми си складного системи взагалі.

Отже, системну релевантність в індуктивному системно-аналітичному дослідженні можна виразити через певну міру:

$$SR_{rel} = \|W(R_k(I_b^j))^{(A,B)} - E(R^0(I_b^0))\|. \quad (1)$$

Критерієм системної релевантності називається вираз [2]:

$$CR_{rel} = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij}^2)_{WE} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

де  $\delta_{ij}^2$  – елементи матриці  $\Delta_{rel}^2$ .

### Критерій корелевантності.

Поняття корелевантності – принципово нове для інформаційних технологій аналітичних досліджень і було взагалі вперше запропоновано в [2] спеціально для індуктивних технологій виконання таких досліджень. Це пов'язано з необхідністю порівняння часткових результатів, отриманих незалежно двома аналітичними групами А і В

на всіх кроках індуктивної процедури за формалізованими матрицями  $W(R_k(I_b^s))^A$  і  $W(R_k(I_b^s))^B$  відповідно. Корелевантність – це міра співпадіння згаданих результатів і може бути формально виписана, як:

$$SCR_{corel} = \left\| W(R_k(I_b^j))^A - W(R_k(I_b^j))^B \right\|. \quad (3)$$

Відповідно критерій корелевантності має вигляд:

$$CR_{corel} = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij}^2)_{WW} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

де  $(\delta_{ij}^2)_{WW}$  – елементи матриці  $\Delta_{corel}^2$ .

Критерій балансу інформаційних базисів.

Цей критерій відповідає за моніторингову інформативну складову в індуктивних технологіях і призначений для відбору на кожному кроці індуктивної процедури тільки такої за формою та змістом інформації  $I_{bs}^+$ , запити на яку співпадали б від обох аналітичних груп і цілеспрямовано наближували б поточний інформаційний базис до оптимального  $I_b^*$ . Багатозначність у запитах не допускається. Принцип дії критерія балансу інформаційних базисів  $CR_{inf}(I_b)$  такий.

На кожному кроці дослідження він порівнює інформаційні запити (на практиці це можуть бути просто пронумеровані переліки запитань аналітиків у спеціальній уніфікованій формі-анкеті) від кожної з груп А і В. Для одного кроку досліджень:

$$CR_{inf}(I_b) = \sum_{k=1}^K \delta_{sk}, \quad s = 1, \dots, S \quad (5)$$

$$de: \quad \delta_{sk} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } I_b^{sk(A)} = I_b^{sk(B)} \\ 1, & \text{якщо } I_b^{sk(A)} \neq I_b^{sk(B)} \end{cases},$$

$K$  – кількість допустимих запитань в запитах на  $s$ -му кроці дослідження і, таким чином, на  $s$ -му кроці аналітичним групам модератором (керівником робочої групи) проекту надається такий блок (“порція”)  $I_b^{s+}$  додаткової інформації, яка мінімізує критерій (6):

$$I_b^{s+} = \arg \min_{I_b^s \in \mathfrak{I}_b} CR_{inf} \{ I_b^{sA}, I_b^{sB} \}, \quad (6)$$

де  $\mathfrak{J}_b$  – сукупність всіх інформаційних запитів від обох груп на  $s$ -му кроці. Для всього циклу аналітичного проекту:

$$CR_{inf}(I_b) = \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K \delta_{sk} \rightarrow \min \quad (7)$$

На рис. 1 схематично показано принцип дії критерія (7) по кроках індуктивної технологічної процедури системно-аналітичного дослідження.

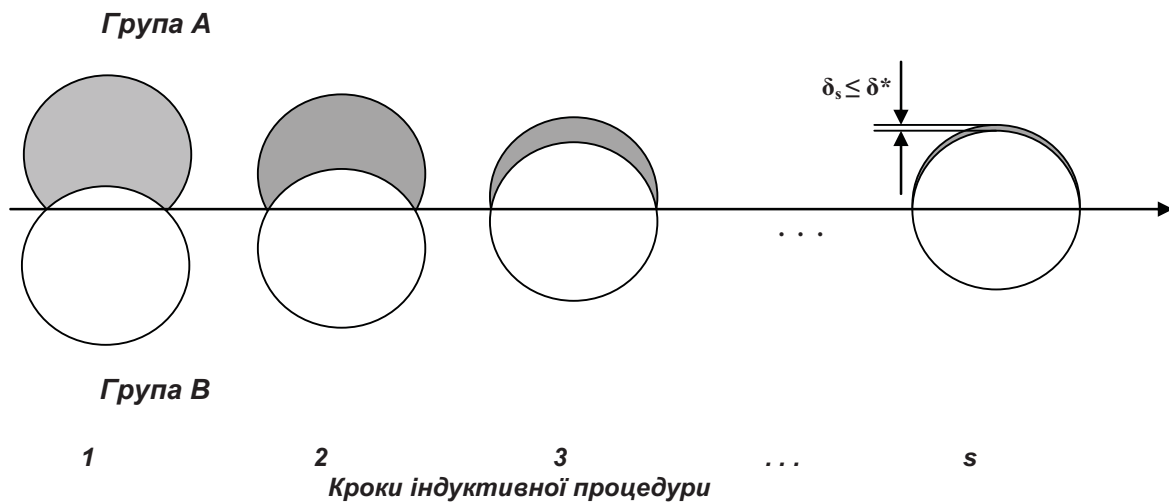


Рисунок 1 – Принцип дії критерія балансу інформаційних базисів: на кожному кроці проекту розбіжності у запитах аналітичних груп А і В повинні зменшуватися.

Зазначимо, що всі три критерії мають властивості зовнішнього доповнення [4], [5]. Зокрема, для критерія (2) зовнішнім доповненням слугує еталонна матриця цільового результату, у критерії (4) – зовнішніми доповненнями є формалізовані результати груп А і В, тобто результат В – є зовнішнім доповненням до результату А і навпаки. Те ж можна сказати й про критерій балансу інформаційних базисів (7).

Практичне застосування критеріїв (2), (4), (7). На практиці для критеріїв релевантності й корелевантності задаються певні пороги, тобто вони можуть набувати видів:

$$CR_{rel} \leq \delta_\alpha \text{ і } CR_{corel} \leq \delta_\beta. \quad (8)$$

Поріг  $\delta_\alpha$  може задаватися, виходячи із конкретних умов проблеми, яка підлягає системно-аналітичному дослідженню, причому в процесі дослідження він може вибиратися, наприклад, із множини заданих значень:  $\delta_\alpha \in \{75, 33, 12, 5, 1\}\%$ . Поріг  $\delta_\beta$  також може задава-



тися, виходячи із конкретних умов вирішуваного завдання і також в процесі виконання СІАД він може вибиратися із наперед заданої послідовності, яка може не співпадати з попередньою для  $\delta_\alpha$ . Наприклад,  $\delta_\beta \in \{50, 25, 15, 10, 5\}\%$ .

Для критерія (7) також може задаватися певний поріг  $\delta^*$  з метою обмеження кількості кроків індуктивної процедури СІАД. Цей критерій відіграє дуже важливу роль у процесі моніторингу якості виконання проекту і практичного оцінювання швидкості збіжності ітераційної індуктивної процедури дослідження. Зокрема, якщо від кроку до кроку його значення змінюється дуже повільно, то модератору проекту варто ще раз проаналізувати рівень компетентності відібраних аналітичних груп стосовно вирішення поставленої проблеми і, якщо ще дозволяють лімітуючі ресурси проекту (час, матеріальні й фінансові ресурси тощо), прийняти відповідні заходи, можливо аж до повної заміни членів цих груп.

Загальне формулювання завдання індуктивної технології СІАД. Сформулюємо тепер задачу індуктивної процедури СІАД з позицій його системно-критеріального забезпечення. На основі заданого первинного інформаційного базису  $I_b^1$  й одержаної в процесі дослідження додаткової цільової інформації  $\{I_{bs}^+\}$  за критерієм балансу інформаційних базисів  $CR_{inf}(I_b)$  необхідно синтезувати певну множину  $\mathfrak{R}$  результатів  $R(I_b) \in \mathfrak{R}$  з метою знаходження оптимального результату за мінімумами критеріїв  $CR_{rel}(\cdot)$  і  $CR_{corel}(\cdot)$ . Оптимальним результатом  $R^*(I_b^*)$  СІАД будемо називати такий, для якого:

$$R^*(I_b^*) = \begin{cases} \arg \min_{R(I_b) \in \mathfrak{R}} CR_{rel}\{W(R_k(I_b^s))^{(A,B)}, E(R^0(I_b^0))\} \\ \arg \min_{R(I_b) \in \mathfrak{R}} CR_{corel}\{W(R_k(I_b^s))^A, W(R_k(I_b^s))^B\} \end{cases} \quad (9)$$

$$k = 1, \dots, K; s = 1, \dots, S$$

при

$$CR_{inf}(I_b) \rightarrow \min \quad (10)$$

Можливі різні комбінації послідовностей застосування розглянутих критеріїв у залежності від складності й конкретних умов проблематики дослідження. Одним із сильних варіантів можна розглядати

таку послідовність:  $CR_{rel}(\cdot) \rightarrow CR_{corel}(\cdot) \rightarrow CR_{inf}(\cdot)$ . Така схема послідовності дає змогу спочатку перевірити “точність” синтезованих аналітичними групами результатів, оцінити взаємну узгодженість таких результатів між обома їх множинами (А і В) і потім надати аналітичним групам додаткову й узгоджену порцію інформації, яка може максимально понизити рівні критеріїв корелевантності й релевантності. Така послідовність також є найкращою з позицій регуляризації вирішення проблеми, як у загальному некоректного завдання.

### Висновки

У статті розглянуто застосування критеріїв індуктивних технологій складних інформаційно-аналітичних досліджень з системних позицій і показана їх єдність і взаємна доповнюваність. Це принципово нові критерії релевантності, корелевантності й балансу інформаційних базисів, які, як показано, мають властивості зовнішнього доповнення в термінах теорії індуктивного моделювання. Саме застосування системи критеріїв у певній послідовності в таких технологіях дає можливість не тільки досягати оптимального результату досліджень, але й контролювати якість виконання дослідницького проекту, зокрема за швидкістю зменшення третього із названих критеріїв. Наведені деякі рекомендації стосовно практичного застосування описаної системи критеріїв.

Представлена система зовнішніх критеріїв дозволила сформулювати загальне завдання індуктивної технології виконання СІАД з позицій мінімізації критеріїв у системному їх застосуванні за певною схемою, що повинно забезпечувати ефективне знаходження оптимального результату дослідження й створення відповідного документу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое / В. Гейзенберг — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 400 с.
2. Osypenko V.V. The Main Trends in Modern Inductive Information Technologies of System-Analytical Researches / V.V. Osypenko // Proceedings of 4-th International Workshop on Inductive Modeling (IWIM-2011), July 4–10, Kyiv, 2011. — Pp. 63–71.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. — К.: Наукова думка, — 1982. — 296 с.



4. Ивахненко А.Г. Помехоустойчивость моделирования // А.Г. Ивахненко, В.С. Степашко. — К.: Наукова думка. — 1985. — 216 с.
5. Орлов А.И. Нечисловая статистика / А.И. Орлов. — М.: МЗ-Пресс, 2004. — 513 с.
6. Осипенко В.В. Синтез експертної матриці за метрикою Кемені в індуктивних технологіях інформаційно-аналітичних досліджень / В.В. Осипенко // Вісник НУБіП. Серія “Техніка і енергетика АПК”. — 2011. — №166 (3). — С. 119—127.
7. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения // Дж. Кемени, Дж. Снелл. — М.: Советское радио, 1972. — 192 с.
8. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач // А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. — М.: Наука, — 1979. — 288 с.